

SYNTHESIZING METHOD FOR MULTI-VIEWPOINT THREE- DIMENSIONAL DATA AND RECORDING MEDIUM

Patent number: JP2000113193
 Publication date: 2000-04-21
 Inventor: FUJII HIDEO; SHIONO KOICHI
 Applicant: MINOLTA CO LTD
 Classification:
 - international: G06T7/00; G01B11/24; G06T17/40; G06T15/00
 - european:
 Application number: JP19980286393 19981008
 Priority number(s):

Also published as:

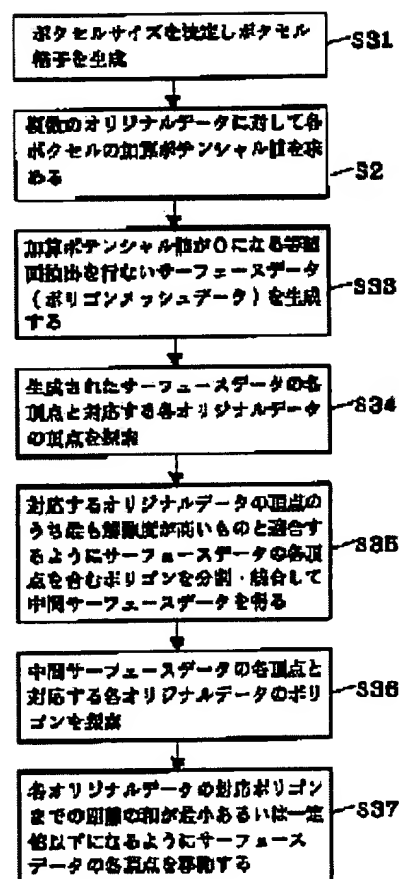


US6405151 (B1)
 JP2000113193 (A)

Abstract of JP2000113193

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a synthetic polygon mesh data, which is stable even against an error generated in three-dimensional(3D) data themselves, within the time of practical level without increasing redundancy while maintaining the accuracy and resolution of multi-viewpoint 3D data.

SOLUTION: In a step S35, with respect to the respective apexes of surface data, the polygon of surface data is improved so as to have the correspondent apexes of inter-apex distance within a first reference value and to make the resolution matched with the highest resolution of original data and intermediate data are provided. In a step S37, with respect to the respective apexes of the intermediate surface data, original data having correspondent polygon with the apexes and inter-polygon distance within a second reference value are selected and the respective apexes of the intermediate surface data are moved so that the apexes of correspondent polygon in the selected original data and the sum of inter-polygon distances can be less than a minimum of fixed value.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

SYNTHESIZING METHOD FOR MULTI-VIEWPOINT THREE- DIMENSIONAL DATA AND RECORDING MEDIUM

Description of correspondent: US6405151

[0002] This application is based on application No. 10-286393 filed in Japan, the contents of which are hereby incorporated by reference.

BACKGROUND OF THE INVENTION

[0003] 1. Field of the Invention

[0004] The present invention relates to a technique for composing three-dimensional multi-viewpoints data obtained by measuring a three-dimensional object from a plurality of directions.

[0005] 2. Description of the Background Art

[0006] There are two methods of composing three-dimensional multi-viewpoints data obtained by measuring a three-dimensional object from a plurality of directions, i.e., "polygon-based method" and "volumetric method". Both these methods are used for composing a plurality of original data obtained by measuring an object from a plurality of viewpoints, and the original data are referred to as "polygon mesh data".

[0007] Prior to discussion on these methods, polygon mesh data will be discussed. A camera capable of measuring a three-dimensional shape of an object is sequentially set at a plurality of positions of viewpoints. Data obtained by the camera at the viewpoints are converted into range images representing a range from the camera to parts of the object with reference to camera parameter values.

[0008] The range image is a set of latticed discrete points, and three-dimensional coordinate value data are defined at each lattice point. In the range image having this data structure, each point is connected to its adjacent four points in four directions by segments, to form a square polygon or a triangular polygon. In each polygon, a direction towards a viewpoint in obtaining a range image is defined as an upward direction. A set of polygons thus obtained is a polygon mesh data. Since the polygon mesh data are obtained for each viewpoint, the number of polygon mesh data is equal to the number of viewpoints.

[0009] The polygon-based method will be discussed below. In this method, two of polygon mesh data obtained from a number of viewpoints are sewn together to compose one polygon mesh data. By sewing each pair of adjacent polygon mesh data, all the polygon mesh data are composed, to eventually obtain one composed polygon mesh data.

[0010] Two polygon mesh data are composed as below. When polygons in the respective meshes defined by two polygon mesh data are overlapped, one of these polygons is deleted. After that, one of these meshes is clipped on the other.

[0011] FIGS. 12 to 14 are illustrations showing a clipping of meshes. In these figures, for explanatory convenience, meshes 31 and 32 are assumed on the same plane. Referring to FIGS. 12 to 14, the clipping of meshes will be discussed below.

[0012] First, as shown in FIG. 12, intersections 33 between respective boundaries of the mesh 31 and edges of the mesh 32 are created. With the intersections 33 as boundaries, an unnecessary disposal region 34 as shown in FIG. 13 is deleted, and a set of intersections 33 are connected to vertexes on the boundaries of the mesh 32, to form triangular polygons shared by the meshes 31 and 32. As a result, as shown in FIG. 14, a composed mesh 35 is obtained by composing the meshes 31 and 32.

[0013] Thus, clipping of meshes is performed as the boundary of two meshes is zippered to form a new polygon, filling a clearance.

[0014] The polygon-based method is disclosed, in detail, for example, in Greg Turk and Mark Levoy, "Zippered Polygon Meshes From Range Images". Proceedings of ACM SIG GRAPH '94, pp. 311 to 318. ACM Press, 1994.

[0015] Next, the volumetric method will be discussed. In the volumetric method, three-dimensional space is divided into grids of a small unit in x, y and z directions and a small cube of unit grid, i.e., voxel, is used. For example, a rectangular pyramid 21 shown in FIG. 15A is represented by using a number of voxels 22 as shown in FIG. 15B.

[0016] With respect to each of the above voxels, a potential value corresponding to a range from a polygon defined by the polygon mesh data to the voxel, is determined. For example, when the voxel 22, a viewpoint 23 and a mesh 24 are positioned as shown in FIG. 16, a potential value is determined on the basis of a distance dx from the voxel 22 on a line of sight 25 to a point x in a polygon 26 of the mesh 24. In such a case, in general, when the voxel 22 is positioned on a side of the viewpoint 23 with respect to the polygon 26, the potential value is negatively signed and when positioned on an opposite side of the viewpoint 23, the value is positively signed. Therefore, in the example of FIG. 16, the potential value is

negatively signed.

[0017] Since the above calculation of the potential value is executed with respect to a plurality of polygon mesh data obtained from a number of viewpoints, usually, a plurality of potential values are obtained for each voxel. The sum of those potential values is an added potential value for each voxel.

[0018] Then, polygon mesh data are generated again by using Marching Cubes algorithm and the like on the basis of the added potential value for each voxel.

[0019] The volumetric method is disclosed, in detail, for example, in Brain Curless and Marc Levoy, "A Volumetric Method For Building Complex Models From Range Images". Computer Graphics, Annual Conference Series, pp. 303 to 312, 1996 (Proceedings Siggraph '96).

[0020] As discussed above, composition of a plurality of polygon mesh data, i.e., original data obtained from a number of viewpoints is conventionally performed by using the polygon-based method or the volumetric method.

[0021] Since in the polygon-based method, as discussed above, two of the original polygon mesh data are sequentially composed to eventually obtain one composed polygon mesh data, if any of the original polygon mesh data includes some inaccuracies such as errors, the effect directly appears in the composed polygon mesh data. It is impossible to get rid of these inaccuracies from the composed polygon mesh data.

[0022] Further, the composed polygon mesh data are sensitive to errors in the original polygon mesh data and those generated in registration of a plurality of original polygon mesh data on a coordinate system. Especially, such a shape as a thin stick, sensitive to even a small error, cannot be restructured with the composed polygon mesh data.

[0023] Furthermore, since it is necessary to reconstruct a segment connecting two points, i.e., a phase every time when two original polygon mesh data are composed, as the multiplicity of the original polygon mesh data, which is in proportion to the number of polygon elements constituting a mesh, becomes larger, a processing efficiency becomes lower.

[0024] On the other hand, in the volumetric method, since the sum of a plurality of potential values is the added potential value for each voxel, an error of one original polygon mesh data and that of other data offset each other in many cases, and therefore some inaccuracies of the original polygon mesh data have few effects. As a result, even higher multiplicity of the original mesh data hardly reduces the processing efficiency. In other words, the volumetric method can resolve all the problems of the polygon-based method.

[0025] Since the size of voxel is uniform, however, in the volumetric method, the resolution of the eventually-obtained composed polygon mesh data becomes uniform on the whole. Therefore, when the size of voxel is made small in accordance with a portion of high resolution among a plurality of polygon mesh data obtained from a number of viewpoints, the composed polygon mesh data have high redundancy to deteriorate efficiency of calculation. When in accordance with a portion of low resolution, high-resolution data of the original data are lost.

[0026] Further, when the potential value is calculated for each voxel, the polygon mesh data are resampled, and when faces of each voxel, i.e., polygons are extracted on the basis of the added potential value, interpolated vertexes are calculated. These two calculations inevitably cause deterioration in accuracy. To maintain the accuracy in the volumetric method, it is necessary to set the size of voxel at a small value, and as mentioned above, that gives the composed polygon mesh data too high redundancy and requires a larger amount of calculation, and is impractical.

SUMMARY OF THE INVENTION

[0027] The present invention is directed to a method of composing a plurality of three-dimensional data obtained by measuring an object from a number of viewpoints. The plurality of three-dimensional data define a plurality of original meshes representing a plurality of surface images of said object observed from different directions and/or distances. According to a first aspect of the present invention, the method comprises the steps of: (a) converting the plurality of original meshes into a first surface mesh through a volumetric method; and (b) correcting a mesh structure of the first surface mesh by comparing the first surface mesh with the plurality of original meshes, to thereby obtain a second surface mesh; and (c) correcting a local position of the second surface mesh by comparing the second surface mesh with the plurality of original meshes, to thereby obtain a third surface mesh. In the method of the first aspect, each mesh is defined by a set of polygons, and a composed result of the plurality of three-dimensional data is given by data representing the third surface mesh.

[0028] In the method of the first aspect of the present invention, since the first surface data are obtained through the volumetric method using the voxels in the step (a), the first surface data can be obtained with stability even if the plurality of original three-dimensional data have some errors.

[0029] Moreover, since the mesh structure and position of the first surface mesh is corrected by referring to relevant parts of the plurality of original meshes, the resolution of the original data can be maintained. As a result, it is not necessary to reduce the size of voxel, causing unnecessarily high redundancy, and

therefore it is possible to suppress a time required for the step (a) to a practical level.

[0030] Further, a composed result with high accuracy, on which the positional accuracy of the original data is reflected, can be obtained.

[0031] In short, by the method of composing the three-dimensional multi-viewpoints data of the first aspect of the present invention, the third surface mesh can be obtained as a composed result with stability even if the original three-dimensional data have some errors within a time of practical level, without unnecessarily high redundancy of the surface data obtained by the step (a), while the accuracy and resolution of the original three-dimensional data obtained from a number of viewpoints are maintained.

[0032] According to a second aspect of the present invention, in the method, the step (b) includes the steps of (b-1) sequentially selecting one of vertexes of the first surface mesh as a first objective vertex; (b-2) selecting a reference mesh from the plurality of original meshes with respect to the first objective vertex; and (b-3) correcting a structure of the first surface mesh surrounding the first objective vertex according to a resolution of the reference mesh, to obtain the second surface mesh.

[0033] Preferably, the step (b-2) includes the steps of (b-2-1) selecting reference meshes existing within a first threshold distance from the first objective vertex, out of the plurality of original meshes; (b-2-2) determining the highest one of resolutions of the reference meshes as a reference resolution; and (b-2-3) correcting the mesh structure of the first surface mesh surrounding the first objective vertex according to the reference resolution.

[0034] In the method of the second aspect of the present invention, it is possible to omit an original mesh that is unnecessarily away from the first objective vertex and is unreliable.

[0035] Further, since the highest resolution among the resolutions of the plurality of original meshes is selected, high resolution of the second surface mesh is ensured.

[0036] According to a third aspect of the present invention, in the method, the step (c) includes the steps of (c-1) sequentially selecting one of vertexes of the second surface mesh as a second objective vertex; (c-2) selecting a reference portion from the plurality of original meshes with respect to the second objective vertex; and (c-3) correcting a relative position of the second objective vertex with respect to the reference portion, to obtain the third surface mesh.

[0037] Preferably, the step (c-2) includes the steps of (c-2-1) selecting mesh elements existing within a second threshold distance from the second objective vertex, out of the plurality of original meshes; and (c-2-2) moving the second objective vertex to reduce a sum of distances from the second objective vertex to the mesh elements.

[0038] Since part of the plurality of original meshes whose distance from the second objective vertex is relatively small is referred to, correction is not based on another part that is excessively away from the second objective vertex and unreliable.

[0039] Further, since the sum of distances from the second objective vertex to the mesh elements is reduced, a composed result with high accuracy on which the shape of the original three-dimensional data is most reflected can be obtained.

[0040] Preferably, the step (c-2-2) includes the step of moving the second objective vertex to minimize the sum of distances from the second objective vertex to the mesh elements.

[0041] Preferably, the step (c-2-2) includes the step of moving the second objective vertex so that the sum of distances from the second objective vertex to the mesh elements is smaller than a predetermined threshold value.

[0042] According to a fourth aspect of the present invention, in the method, the step (c-2-1) includes the step of determining whether or not the plurality of original meshes have a facing polygon which faces to the second objective vertex; adding the facing polygon to the mesh elements when the plurality of original meshes have the facing polygon; and adding a vertex corresponding to the second objective vertex among vertexes of the plurality of original meshes to the mesh elements when the plurality of original meshes have no facing polygon.

[0043] The resolution of the composed result can be thereby made closer to that of the selected original mesh.

[0044] The present invention is also directed to an apparatus and a computer software product suitable to perform the above method.

[0045] An object of the present invention is to obtain composed polygon mesh data with little effect of errors of the original data, within a time of practical level, without unnecessarily high redundancy.

[0046] Another object of the present invention is to maintain the accuracy and resolution of the original three-dimensional data obtained from a number of viewpoints in the composed polygon mesh data.

[0047] These and other objects, features, aspects and advantages of the present invention will become more apparent from the following detailed description of the present invention when taken in conjunction with the accompanying drawings.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

[0048] FIG. 1A is a schematic illustration of a hardware configuration of a system used in a preferred embodiment of the present invention;
[0049] FIG. 1B is a block diagram showing a computer configuration in the system of FIG. 1A;
[0050] FIG. 2 is a flow chart showing a procedure of a method of synthesizing three-dimensional multi-viewpoints data in accordance with the preferred embodiment of the present invention;
[0051] FIG. 3 is a flow chart showing a detailed procedure of composing a plurality of polygon mesh data of FIG. 2;
[0052] FIG. 4 is an illustration showing an exemplary search for corresponding vertexes of FIG. 3;
[0053] FIGS. 5 to 7 are illustrations showing an exemplary division of polygon of FIG. 3;
[0054] FIGS. 8 to 10 are illustrations showing an exemplary search operation for corresponding polygon of FIG. 3;
[0055] FIG. 11 is an illustration showing an exemplary moving operation of vertexes of an intermediate surface data of FIG. 3;
[0056] FIGS. 12 to 14 are illustrations showing a clipping of meshes;
[0057] FIGS. 15A and 15B are illustrations of a voxel structure; and
[0058] FIG. 16 is an illustration showing an example of signed distance in a volumetric method.

DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENTS

System Configuration

[0059] FIG. 1A is a schematic illustration of a hardware configuration of a system for three-dimensional measurement in accordance with a preferred embodiment of the present invention, and with this system, three-dimensional multi-viewpoints data are synthesized. As shown in FIG. 1A, while a three-dimensional input device 2 is traveled around an object 1, three-dimensional data, i.e., range image of the three-dimensional object 1 are taken from a plurality of viewpoints, by which three-dimensional data are obtained. The three-dimensional input device 2 comprises zoom lens and can receive three-dimensional data with various resolutions by handling the zoom lens. Further, by changing the distance of the three-dimensional input device 2 from the object 1, the resolution of the three-dimensional data with respect to the object 1 can be changed.

[0060] Therefore, when the object 1 is, for example, a person or an animal, for a portion requiring fine data such as a face of the object 1, high-resolution three-dimensional data can be obtained by shortening the distance from the three-dimensional input device 2 to the object 1 or moving the zoom lens towards the side of long focus. On the other hand, for a portion with little variation in shape such as a back of the object 1, low-resolution three-dimensional data in less number can be obtained by lengthening the distance from the three-dimensional input device 2 to the object 1 or moving the zoom lens towards the side of short focus.

[0061] Thus, data on a perimeter of the object 1 are inputted with imaging condition adequately changed while the three-dimensional input device 2 is moved. The three-dimensional multi-viewpoints data obtained by the three-dimensional input device 2 are captured into a computer 3 and converted into a plurality of polygon mesh data on the computer 3. This conversion can be performed according to the well-known method of converting polygon mesh data. A plurality of three-dimensional data thus obtained define a plurality of original mesh structures (discussed later in detail) representing surface images of the object 1 viewed from different directions or different distances.

[0062] FIG. 1B shows an internal configuration of the computer 3. The computer 3 includes a MPU 301, a semiconductor memory 302 and a hard disk device 303. These constituent elements 301 to 303 are connected to an interface 310. To the interface 310, a monitor 304, a key-board 305 and a pointing device 306 are connected.

[0063] A media drive 308 may include a CD-ROM drive or a DVD drive and a port 307 may include a cable port or an infrared port.

[0064] The three-dimensional data obtained by the three-dimensional input device 2 are inputted to the computer 3 through the port 307 or by using a recording medium and the media drive 308.

[0065] A portable recording medium 320 stores a software program to implement a later-discussed software process and when installed into the computer 3 through the media drive 308, it makes the computer 3 work as a device for composing the three-dimensional multi-viewpoints data.

[0066] This software can be downloaded from a server via network. Further, by using the computer 3 as a terminal, softwares installed on the server can be used.

Method of Synthesizing Three-dimensional Multi-viewpoints Data

[0067] FIG. 2 is a flow chart showing a method of synthesizing three-dimensional multi-viewpoints data in accordance with the preferred embodiment of the present invention.

[0068] In the step S1 of FIG. 2, a plurality of original polygon mesh data as three-dimensional multi-viewpoints data are inputted to the computer 3. At this time, each of original polygon mesh data is represented on a coordinate system at each imaging position, i.e., each viewpoint.

[0069] Next, in the step S2, the coordinate systems on which a plurality of original polygon mesh data are represented are registered, to convert all the original polygon mesh data into data on one coordinate system. This registration may be achieved by obtaining coordinate-system conversion parameter with a jig such as a rotary table. Instead, an attitude sensor and a position sensor are attached to the three-dimensional input device and a position and an attitude of the three-dimensional input device are obtained, by which the three-dimensional coordinate system can be converted. The coordinate system may be converted by obtaining an optimal conversion parameter with which the original polygon mesh data are most registered, or by other various well-known methods.

[0070] Consequently, in the step S3, performing the method of composing the three-dimensional multi-viewpoints data, composed polygon mesh data are obtained by composition such that a plurality of original polygon mesh data registered in the step S2 may become a series of polygon mesh data.

[0071] Finally, in the step S4, the composed polygon mesh data obtained in the step S3 are outputted as a three-dimensional model three-dimensionally representing the periphery of the three-dimensional object 1. Method of Composing Original Data

[0072] FIG. 3 is a flow chart showing a detailed method of composing three-dimensional multi-viewpoints data in the step S3 of FIG. 2. The polygon mesh data on which the three-dimensional multi-viewpoints data are based in the step S3 are the original polygon mesh data after registration in the step S2. Hereinafter, the original polygon mesh data after registration are also referred to as "original data" and the mesh represented by the original polygon mesh data is referred to as "original mesh".

[0073] Referring to FIG. 3, in the step S31, the maximum value of distances between vertexes of the polygons in a plurality of original meshes is obtained. The size of voxel is determined on the basis of the maximum value, and unit grids (voxel grids) in accordance with the voxel size are generated to obtain a set of voxels.

[0074] Next, in the step S32, a potential value based on the signed distance of each voxel in a plurality of original meshes is obtained and the potential values for a plurality of original meshes are added to obtain a sum, i.e., an added potential value. The signed distance is obtained, as discussed referring to FIG. 16 on the volumetric method, by calculating a point x on which the line of sight 25 going through a center between the position of the viewpoint 23 and each voxel 22 (only one voxel is shown in FIG. 16) intersects a polygon of one original mesh 24, obtaining an absolute value dx of a distance from the center of the voxel 22 to the intersection x and determining this side of the voxel 22 viewed from the viewpoint 23 as positively signed and that side as negatively signed. On the basis of the signed distance thus obtained, calculation of the potential value is performed.

[0075] The above calculation of the potential value is performed for all the plurality of original data. Therefore, at the maximum, the same number of potential values as the original data are obtained for each voxel and a sum of the potential values is the added potential value.

[0076] A voxel having an added potential value of "0" (or near "0") is defined as being on a surface of the object 1. In the step S33, equivalent faces having an added potential value of "0" are extracted by Marching Cubes algorithm. By this, surface data are obtained as polygon mesh data corresponding to an equivalent face having the potential value of "0". The Marching Cubes algorithm is disclosed, for example, in W. Lorensen and H. Cline, "Marching cubes: A High Resolution 3D Surface Construction Algorithm", 1987. Computer Graphics (SIGGRAPH '87): pp. 163 to 169, July 1987.

[0077] The procedures of the steps S31 to S33 can be basically carried out by using the method of composing the polygon mesh data according to the well-known volumetric method, except for determination of voxel size in the step S31.

[0078] Therefore, if there are some errors in a plurality of original data themselves, e.g., ones caused by registration in the step S32, stable surface data can be obtained. The mesh defined by the surface data is referred to as "surface mesh".

[0079] After that, in the step S34, comparison between the surface mesh obtained in the step S33 and a plurality of original meshes is performed to search vertexes in a plurality of original meshes corresponding to vertexes of polygons in the surface mesh and the searched vertexes are determined as corresponding-vertexes.

[0080] For example, as shown in FIG. 4, there is a case where two original meshes O1 and O2 exist and surface mesh 11A is generated. The corresponding-vertex of a vertex P1 of the surface mesh 11A is a vertex P11 of the original mesh O1 and a vertex P21 of the original mesh O2. The corresponding-vertex of a vertex P2 of the surface mesh 11A is a vertex P13 of the original mesh O1 and a vertex P21 of the original mesh O2.

[0081] The interval of adjacent vertexes in the original mesh O1 is smaller than that in the surface mesh 11A, and the original mesh O1 is denser than the surface mesh 11A. Therefore, some vertexes (e.g., a vertex P12) of the original mesh O1 do not correspond to any vertex of the surface mesh 11A. On the other hand, the interval of adjacent vertexes in the original mesh O2 is larger than that in the surface mesh 11A, and the original mesh O2 is coarser than the surface mesh 11A. Therefore, some vertexes of the

original mesh O2 each correspond to a plurality vertexes of the surface mesh 11A. For example, the vertex P21 corresponds to the vertexes P1 and P2.

[0082] FIG. 4 and later-discussed FIG. 5 and FIGS. 8 to 11 represent each polygon mesh as a linear segment chain, for convenience of illustration, each segment represents a polygon having two dimension.

[0083] Consequently, in the step S35, vertexes of the surface mesh are sequentially designated as first objective vertexes. Then, out of the respective corresponding-vertexes in a plurality of original meshes corresponding to the first objective vertex, a selected corresponding-vertex is selected through two sub-processes discussed below.

[0084] 1) The first positional condition Out of the corresponding-vertexes, some whose distance from the first objective vertex is within the first reference value are extracted.

[0085] 2) The resolution condition

[0086] Out of the corresponding-vertexes satisfying the first positional condition, one that has the highest resolution is selected as a selected corresponding-vertex. The condition of highest resolution is equivalent to that of shortest average distance between adjacent vertexes. The original mesh on which the selected corresponding-vertex is defined is referred to as "selected original mesh" and the data defining the selected original mesh are referred to as "selected original mesh data".

[0087] Next, to conform to the resolution of the original mesh having the selected corresponding-vertex, the polygon including the first objective vertex is corrected by division or synthesization. By performing division/synthesization of the polygon with all the vertexes of the surface mesh as the first objective vertexes, intermediate surface mesh data representing an intermediate surface mesh 11B can be obtained.

[0088] In other words, when the resolution of the selected original mesh data having the selected corresponding-vertex is higher than that of the surface mesh data, the longest segment among segments connected to the first objective vertex is specified and a new dividing vertex is generated on the longest segment, to divide the polygon.

[0089] On the other hand, when the resolution of the selected original mesh data having the selected corresponding-vertex is lower than that of the surface mesh data, the shortest segment among segments connected to the first objective vertex is specified and the adjacent vertex across the shortest segment is deleted, to synthesize the polygon.

[0090] The above division/synthesization is continued until a resolution difference between the original data having the selected corresponding-vertex and the intermediate surface mesh data falls within a predetermined range.

[0091] FIG. 5 is an illustration showing an exemplary division of polygon in the surface data. This is a case where a selected corresponding-vertex of the vertex P1 of the surface mesh 11A is the vertex P11 of the original mesh O1 as shown in FIG. 5. The resolution of the original mesh O1 is higher than that of the surface mesh 11A. The longest segment among segments extending from the vertex P1 of the surface mesh 11A is a segment 13 connecting the vertexes P1 and P2. Then, a vertex P4 is generated on the segment 13 as a dividing vertex 12.

[0092] By generating a plurality of new polygons having the vertex P4, the polygon in the surface mesh 11A is divided. For example, when the surface mesh 11A before generating the vertex P4 has a polygon mesh structure having polygons PG1 and PG2 as shown in FIG. 6, the vertex P4 is generated as the dividing vertex 12 as shown in FIG. 7. The polygon PG1 is divided into polygon PG11 and PG12 and the polygon PG2 is divided into polygon PG21 and PG22.

[0093] Thus, when the resolution of the selected original mesh is higher than that of the surface mesh, since a new vertex is generated in a region surrounding the first objective vertex to divide the polygon of the surface mesh, the resolution of the surface mesh becomes higher to be closer to that of the selected original mesh. Such a correction of the surface mesh by division of the polygon improves the quality of the surface mesh.

[0094] On the other hand, the synthesization is an operation reverse to the division. For example, four polygons as shown in FIG. 7 are synthesized into two polygons as shown in FIG. 6.

[0095] Thus, when the resolution of the selected original mesh is lower than that of the surface mesh, since the vertex in a region surrounding the first objective vertex is deleted to synthesize the polygon, an unnecessarily-high resolution of the surface mesh having high redundancy can be closer to a moderate resolution of the selected original mesh. Such a correction of the surface mesh by synthesization of the polygon reduces the number of data of the surface mesh data.

[0096] Like division/synthesization of the polygon is performed on all the vertexes of the surface mesh 11A as the first objective vertexes, and consequently, for example, as shown in FIG. 5, the intermediate surface mesh 11B in which the dividing vertexes 12 are generated in a necessary portion can be obtained.

[0097] Performing the above steps S34 and S35 produces effects discussed below.

[0098] Since only the corresponding-vertex satisfying the positional condition that the distance from the first objective vertex is within the first reference value is selected for procedure, the original mesh in which

the corresponding-vertex too far away from the first objective vertex and not reliable is defined is not reflected on the structure of the intermediate surface mesh surrounding the first objective vertex.

[0099] Since the mesh structure surrounding the first objective vertex of the surface mesh is corrected in accordance with the mesh having the highest resolution among the original meshes satisfying the first positional condition, an intermediate surface mesh having a resolution almost the same as that of the original mesh can be obtained, regardless of the resolution of the surface mesh obtained in the steps S31 to S33.

[0100] Therefore, without making the size of voxel too small in the step S31, intermediate surface mesh data maintaining the resolution of the original mesh can be obtained. As a result, since it is not necessary to enhance the redundancy of the surface mesh data by making the voxel size too small, the time required for the procedures of the steps S31 to S33 can be suppressed to a practical level.

[0101] After that, in the step S36, comparison between the intermediate surface mesh and a plurality of original meshes is performed. In this comparison, the vertexes of the polygons in the intermediate surface mesh are sequentially selected. Polygons that are in the shortest distance from the vertex are searched out of a plurality of original meshes and determined as "corresponding polygons".

[0102] The procedure of the step S36 will be discussed below. Vertexes on the intermediate surface mesh are sequentially selected as the second objective vertexes and a corresponding-vertex on the original mesh closest to the second objective vertex is searched.

[0103] Next, with respect to all the polygons including the corresponding-vertex, a perpendicular is drawn from the second objective vertex onto a virtual plane (hereinafter referred to as "polygon-defined-plane") on which each of the polygons is defined. When an intersection of the perpendicular and the polygon-defined-plane exists within the polygon, the distance from the intersection to the second objective vertex is defined as a vertex-polygon distance. Such a polygon is referred to as "polygon facing to the corresponding vertex" or "facing polygon".

[0104] A polygon having the smallest vertex-polygon distance is defined as "corresponding polygon".

[0105] This will be discussed referring to FIG. 8. In FIG. 8, for convenience of illustration, polygons are represented by segments. When a vertex MP1 on an intermediate mesh MSD is selected as the second objective vertex, a vertex OP1 on an original mesh OD is defined as the corresponding vertex. An intersection OX of a perpendicular drawn from the vertex MP1 to a polygon-defined-plane PP1 including a polygon OPL1 and the polygon-defined-plane PP1 exists within the polygon OPL1. Therefore, the polygon OPL1 is a facing polygon of the vertex MP1 and a distance R1 between the intersection OX and the vertex MP1 is determined as a vertex-polygon distance. Likewise, vertex-polygon distances are determined with respect to all the polygons including the vertex OP1. If the distance R1 is the minimum value among the vertex-polygon distances, the polygon OPL1 is a corresponding polygon.

[0106] With respect to all the polygons including the above corresponding-vertex, when the intersection of perpendicular drawn from the second objective vertex onto the polygon-defined-plane and the polygon-defined-plane do not exist within the polygon, in other words, when there is no facing polygon, the above corresponding-vertex is regarded as the corresponding polygon and the distance between the above vertex and the second objective vertex is determined as the vertex-polygon distance, as an exceptional procedure.

[0107] For example, as shown in FIG. 9, if the vertex MP1 on the intermediate surface mesh MSD is determined as the second objective vertex, a vertex OP2 on the original mesh OD is a corresponding-vertex. The intersection between a perpendicular drawn from the vertex MP1 onto a polygon-defined-plane PP2 and the polygon-defined-plane PP2 does not exist within the polygon. Likewise, other polygons including the vertex OP2 have no intersection with the perpendicular drawn from the vertex MP1 within the polygon. Therefore, the vertex MP1 has no facing polygon, and according to the above exceptional procedure, the vertex OP2 is regarded as a corresponding polygon and a distance R2 between the vertexes OP2 and MP1 is determined as a vertex-polygon distance.

[0108] Taking a further example, discussion will be continued. In this example, as shown in FIG. 10, the intermediate surface mesh 11B is generated and two original meshes O11 and O12 exist. A vertex P31 of the original mesh O11 and a polygon PG41 of the original mesh O12 are determined as a corresponding polygon with respect to a vertex P5 of the intermediate surface mesh 11B. Further, a polygon PG32 of the original mesh O11 and the polygon PG41 of the original mesh O12 are determined as a corresponding polygon with respect to the vertex P4 of the intermediate surface mesh 11B.

[0109] Finally, in the step S37, the vertexes of the intermediate surface mesh are sequentially assumed to be the second objective vertexes, and among the respective corresponding polygons in a plurality of original meshes corresponding to the second objective vertex, one or a plurality of corresponding polygons satisfying the second positional condition that the vertex-polygon distance is not more than the second reference value are selected. A sum of the vertex-polygon distances between the second objective vertex and the selected corresponding polygons is adopted as a parameter and the position of the second objective vertex is so moved as to satisfy a distance condition that the parameter value is the minimum

value or not more than a predetermined threshold value. When only one corresponding polygon is selected, the parameter is the vertex-polygon distance between the one corresponding polygon and the second objective vertex, and the position of the second objective vertex is so moved as to satisfy the condition that the parameter is not more than a threshold value. Such a moving operation is performed on all the vertexes of the intermediate surface mesh as the second objective vertexes, to eventually obtain resultant surface mesh data representing a resultant surface mesh 11C. This moving operation suppresses the inaccuracy in generation of the surface data by composing the original data to the minimum.

[0110] For example, as shown in FIG. 11, even when the intermediate surface mesh 11B is generated to be close to the original mesh O12, through the moving operation in the step S37, this closeness to the original mesh O12 is corrected to obtain the resultant surface mesh 11C.

[0111] The procedures of the steps S36 and S37 produce the following effects. Since an original mesh having a corresponding polygon whose vertex-polygon distance from the second objective vertex is less than the second reference value is selected out of a plurality of original meshes defined by the original data, original data having a corresponding polygon whose distance from the second objective vertex is too large, which is unreliable, is not reflected on the correction of the second objective vertex.

[0112] A parameter value is defined by the sum of the distances between the respective corresponding polygons in the selected original meshes and the second objective vertex. When the second objective vertex is moved, the parameter value is accordingly changed. The target position of movement of the second objective vertex is so specified as to satisfy the condition that the parameter value is the minimum value or not more than a predetermined threshold value. All the second objective vertexes are so moved as to satisfy the above distance condition, to obtain a resultant surface mesh.

[0113] Therefore, since the intermediate surface data are corrected by using the original data, even if the accuracy of the intermediate surface data is deteriorated to some extent, resultant surface data can be obtained with high accuracy reflecting the accuracy of the original data.

[0114] Thus, by the method of composing the three-dimensional multi-viewpoints data performed in the step S3, resultant surface data can be obtained with stability even if original data itself have inaccuracy, within a time of practical level, without unnecessarily high redundancy of the surface data obtained in the steps S31 to S33, while maintaining the accuracy and resolution of the original data obtained from a number of viewpoints.

Flexibility for Recording Medium

[0115] A software program to implement the method of synthesizing the three-dimensional multi-viewpoints data shown in FIG. 2 can be stored as a computer-readable program in an external recording medium 320 (of FIG. 1B) such as a flexible disk and a CD-ROM. Further, a software program to convert the data obtained by the three-dimensional input device 2 into polygon mesh data can be stored in the same external recording medium 320.

[0116] Only a software program to implement a process (the step S3) of composing the three-dimensional multi-viewpoints data shown in detail in FIG. 3 may be stored as a computer-readable program in the external recording medium 320. In this case, a program for performing the steps S1, S2 and S4 can be written into a ROM or a hard disk of the computer 3 in advance. The program for the step S3 is loaded from the external recording medium 320 and cooperates with the program for processing the steps S1, S2 and S4 to perform a series of processing.

[0117] Only a software program for performing the steps S34 to S37 may be stored in the external recording medium 320. In this case, a program for performing the steps S1, S2, S31 to S33 and S4 can be written into a ROM or a hard disk of the computer 3 in advance as mentioned above. The program for the steps S34 to S37 is loaded from the external recording medium 320 and cooperates with the program for processing the steps S1, S2, S31 to S33 and S4 to perform a series of processing.

[0118] While the invention has been shown and described in detail, the foregoing description is in all aspects illustrative and not restrictive. It is therefore understood that numerous modifications and variations can be devised without departing from the scope of the invention.

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

SYNTHESIZING METHOD FOR MULTI-VIEWPOINT THREE- DIMENSIONAL DATA AND RECORDING MEDIUM

Claims of correspondent: **US6405151**

What is claimed is:

[0119] 1. A method of composing a plurality of three-dimensional data obtained by measuring an object from a number of viewpoints, said plurality of three-dimensional data defining a plurality of original meshes representing a plurality of surface images of said object observed from different directions and/or distances, said method comprising the steps of: (a) converting said plurality of original meshes into a first surface mesh through a volumetric method; and (b) correcting a mesh structure of said first surface mesh by comparing said first surface mesh with said plurality of original meshes, to thereby obtain a second surface mesh; and (c) correcting a local position of said second surface mesh by comparing said second surface mesh with said plurality of original meshes, to thereby obtain a third surface mesh, wherein each mesh is defined by a set of polygons, and a composed result of said plurality of three-dimensional data is given by data representing said third surface mesh.

[0120] 2. The method according to claim 1, wherein said step (b) includes the steps of (b-1) sequentially selecting one of vertexes of said first surface mesh as an objective vertex; (b-2) selecting a reference mesh from said plurality of original meshes with respect to said objective vertex; and (b-3) correcting a structure of said first surface mesh surrounding said objective vertex according to a resolution of said reference mesh, to obtain said second surface mesh.

[0121] 3. The method according to claim 2, whereinsaid step (b-2) includes the steps of (b-2-1) selecting reference meshes existing within a threshold distance from said objective vertex, out of said plurality of original meshes; (b-2-2) determining the highest one of resolutions of said reference meshes as a reference resolution; and (b-2-3) correcting said mesh structure of said first surface mesh surrounding said objective vertex according to said reference resolution.

[0122] 4. The method according to claim 3, whereinsaid step (b-2-3) includes the step of adding a polygon to a portion of said first surface mesh surrounding said objective vertex when said reference resolution is higher than a resolution of said first surface mesh.

[0123] 5. The method according to claim 3, whereinsaid step (b-2-3) includes the step of deleting a polygon from a portion of said first surface mesh surrounding said objective vertex when said reference resolution is lower than a resolution of said first surface mesh.

[0124] 6. The method according to claim 1, whereinsaid step (c) includes the steps of (c-1) sequentially selecting one of vertexes of said second surface mesh as an objective vertex; (c-2) selecting a reference portion from said plurality of original meshes with respect to said objective vertex; and (c-3) correcting a relative position of said objective vertex with respect to said reference portion, to obtain said third surface mesh.

[0125] 7. The method according to claim 6, whereinsaid step (c-2) includes the steps of (c-2-1) selecting mesh elements existing within a threshold distance from said objective vertex, out of said plurality of original meshes; and (c-2-2) moving said objective vertex to reduce a sum of distances from said objective vertex to said mesh elements.

[0126] 8. The method according to claim 7, whereinsaid step (c-2-2) includes the step of moving said objective vertex to minimize said sum of distances from said objective vertex to said mesh elements.

[0127] 9. The method according to claim 7, whereinsaid step (c-2-2) includes the step of moving said objective vertex so that said sum of distances from said objective vertex to said mesh elements is smaller than a predetermined threshold value.

[0128] 10. The method according to claim 7, whereinsaid step (c-2-1) includes the steps of determining whether or not said plurality of original meshes have a facing polygon which faces to said objective vertex;

adding said facing polygon to said mesh elements when said plurality of original meshes have said facing polygon; and adding a vertex corresponding to said objective vertex among vertexes of said plurality of original meshes to said mesh elements when said plurality of original meshes have no facing polygon.

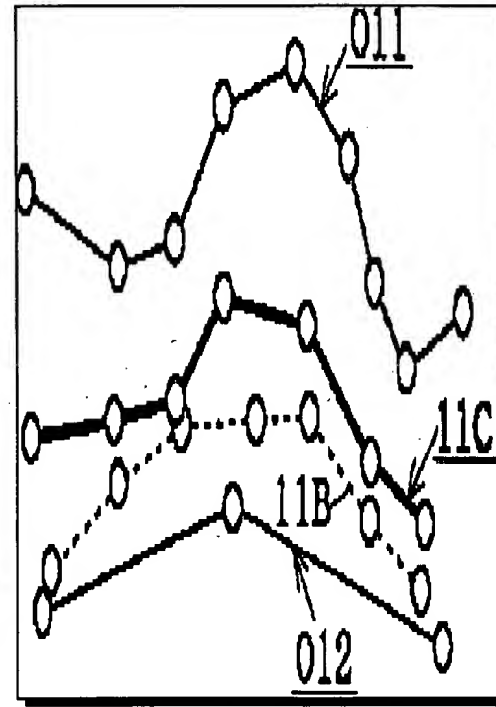
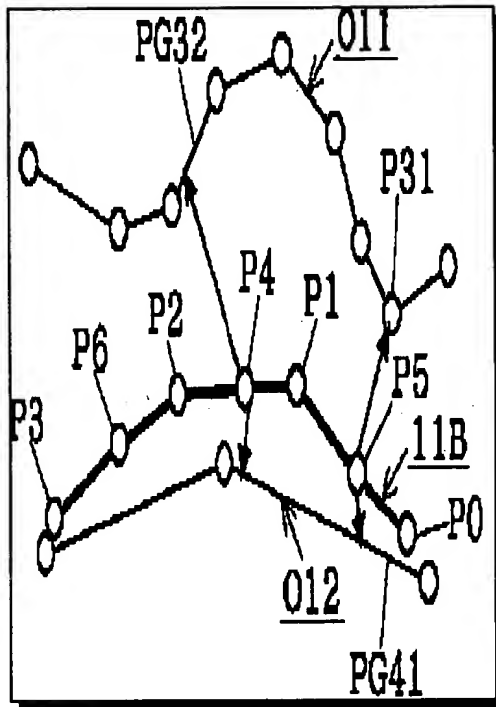
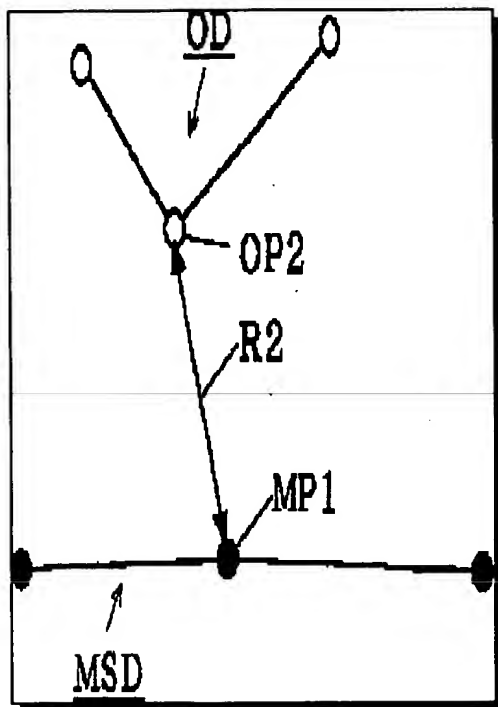
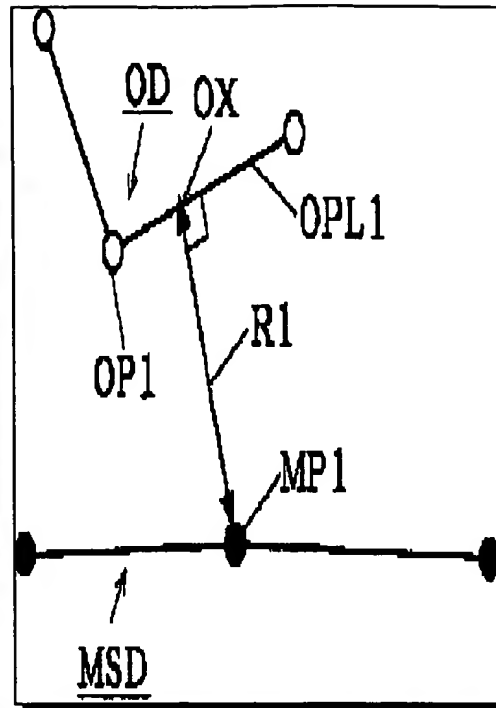
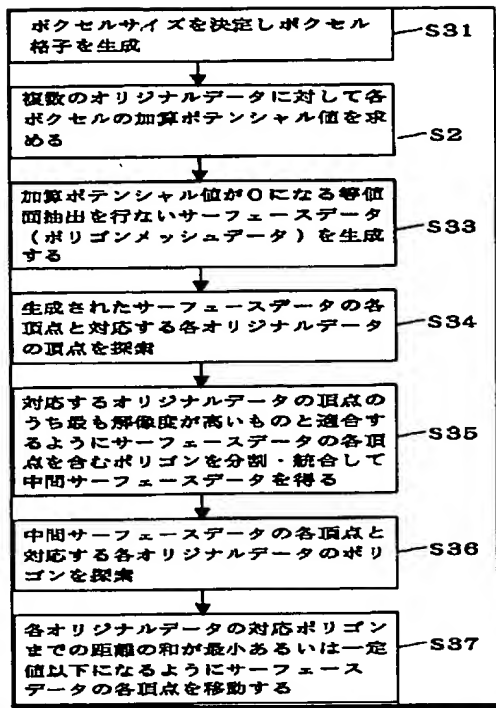
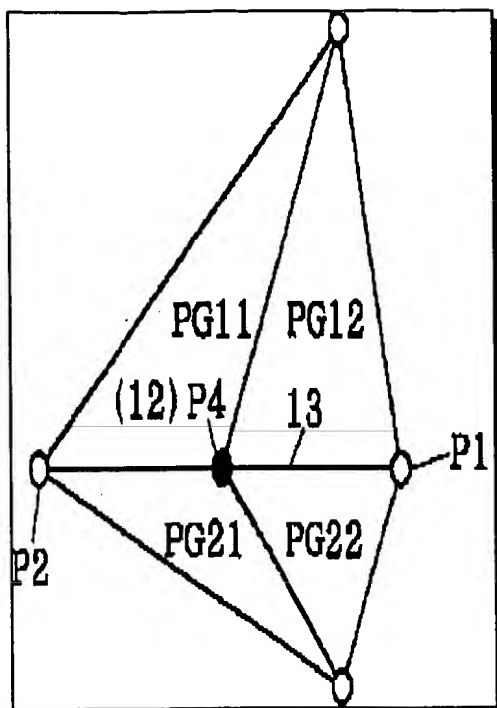
[0129] 11. The method according to claim 1, wherein said step (a) includes the steps of (a-1) defining a voxel grid; (a-2) calculating potentials of voxels for each one of said plurality of original meshes, to obtain a plurality of potential values for each voxel; (a-3) composing said plurality of potentials for each voxel, to obtain a composed potential; and (a-4) obtaining said first surface mesh on the basis of said composed potential.

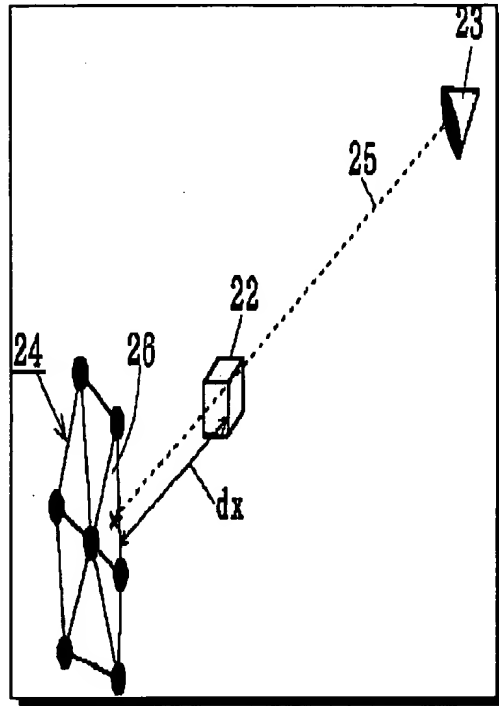
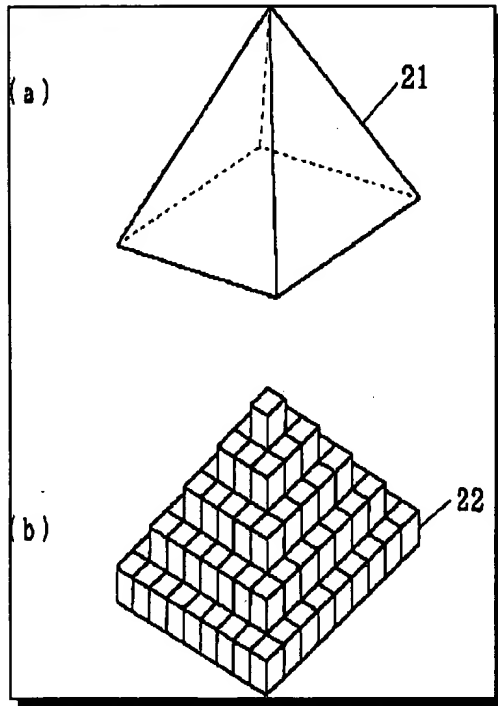
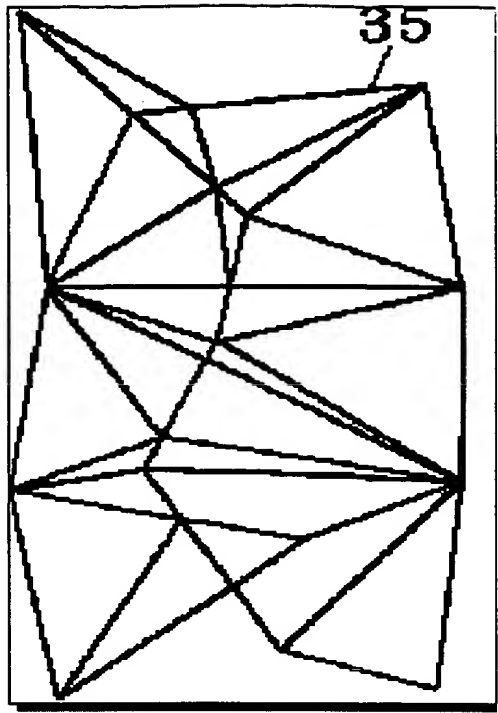
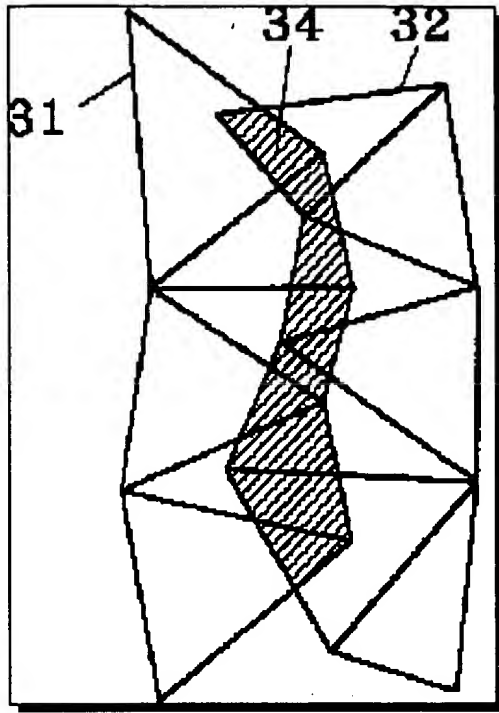
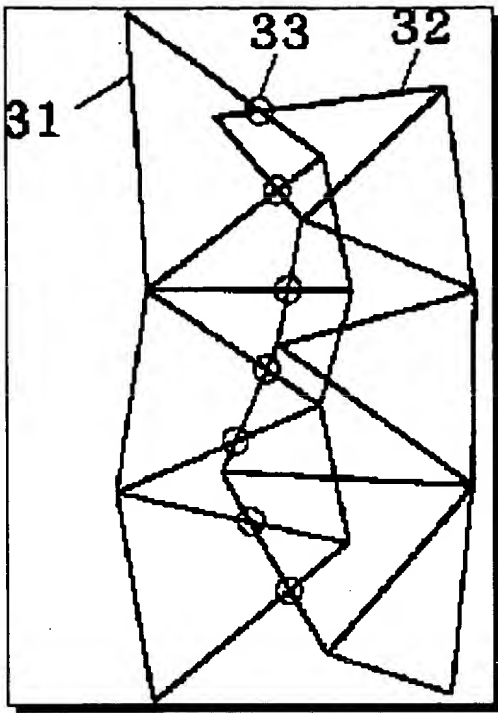
[0130] 12. An apparatus for composing a plurality of three-dimension data obtained by measuring an object from a number of viewpoints, said plurality of three-dimensional data defining a plurality of original meshes representing a plurality of surface images of said object observed from different directions and/or distances, said apparatus comprising: (a) a first processing unit for converting said plurality of original meshes into a first surface mesh through a volumetric method; (b) a second processing unit for correcting a mesh structure of said first surface mesh by comparing said first surface mesh with said plurality of original meshes, to thereby obtain a second surface mesh; and (c) a third processing unit for correcting a local position of said second surface mesh by comparing said second surface mesh with said plurality of original meshes, to thereby obtain a third surface mesh, wherein each mesh is defined by a set of polygons, and a composed result of said plurality of three-dimensional data is given by data representing said third surface mesh.

[0131] 13. The apparatus according to claim 12, wherein said second processing unit includes (b-1) a first sub-processing unit for sequentially selecting one of vertexes of said first surface mesh as an objective vertex; (b-2) a second sub-processing unit for selecting a reference mesh from said plurality of original meshes with respect to said objective vertex; and (b-3) a third sub-processing unit for correcting a structure of said first surface mesh surrounding said objective vertex according to a resolution of said reference mesh, to obtain said second surface mesh.

[0132] 14. The apparatus according to claim 12, wherein said third processing unit includes (c-1) a first sub-processing unit for sequentially selecting one of vertexes of said second surface mesh as an objective vertex; (c-2) a second sub-processing unit for selecting a reference portion from said plurality of original meshes with respect to said objective vertex; and (c-3) a third sub-processing unit for correcting a relative position of said objective vertex with respect to said reference portion, to obtain said third surface mesh.

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide





COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-113193

(P2000-113193A)

(43) 公開日 平成12年4月21日 (2000.4.21)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	キーワード* (参考)
G 0 6 T 7/00		G 0 6 F 15/62	4 1 5 2 F 0 6 5
G 0 1 B 11/24		G 0 1 B 11/24	K 5 B 0 5 0
G 0 6 T 17/40		G 0 6 F 15/62	3 5 0 K 5 B 0 5 7
15/00		15/72	4 5 0 K 5 B 0 8 0

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平10-286393

(22) 出願日 平成10年10月8日 (1998.10.8)

(71) 出願人 000006079

ミノルタ株式会社

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号

大阪国際ビル

(72) 発明者 藤井 英郎

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号

大阪国際ビル ミノルタ株式会社内

(72) 発明者 塩野 光一

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号

大阪国際ビル ミノルタ株式会社内

(74) 代理人 100089233

弁理士 吉田 茂明 (外2名)

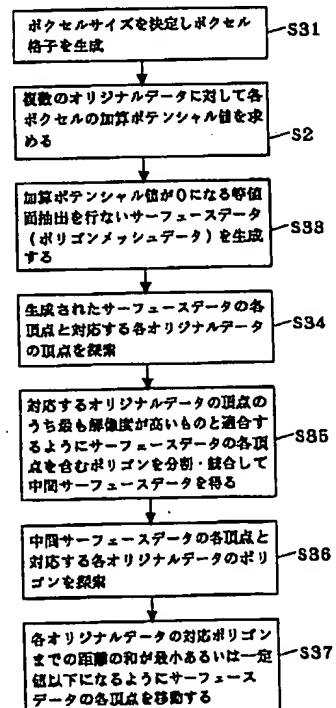
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 多視点3次元データの合成方法および記録媒体

(57) 【要約】

【課題】 多視点3次元データの有する精度及び解像度を維持しながら、冗長性を高くすることなく、3次元データ自身に生じる誤差に対しても安定した合成ポリゴンメッシュデータを実用レベルの時間内で得る。

【解決手段】 ステップS35で、サーフェースデータの各頂点に対し、その頂点間距離が第1の基準値以内の対応頂点を有し、かつ解像度が最も高いオリジナルデータの解像度に適合するように、サーフェースデータのポリゴンを改良して中間サーフェースデータ11Bを得る。ステップS37で、中間サーフェースデータの各頂点に対し、その頂点、ポリゴン間距離が第2の基準値以内の対応ポリゴンを有するオリジナルデータを選択し、選択したオリジナルデータの対応ポリゴンの頂点、ポリゴン間距離の和が最小値あるいは一定値以下になるように、中間サーフェースデータの各頂点を移動する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 多視点から被写体を計測して得られる複数の3次元データを1つの3次元データに合成する多視点3次元データの合成方法であって、前記複数の3次元データはそれぞれポリゴンメッシュ構造を呈し、

(a) ボクセルを用いたボリューム方式でサーフェスを定義することにより、前記複数の3次元データからポリゴンメッシュ構造の一つのサーフェスデータを求めるステップと、

(b) 前記サーフェスデータで規定されたサーフェスデータ用メッシュと前記複数の3次元データで規定された複数のメッシュそれぞれとを比較して、前記サーフェスデータ用メッシュの各頂点を順次第1の改良対象頂点とし、該第1の改良対象頂点に対して第1の位置条件を満足する対応頂点を有しかつ所定の解像度条件を満足する解像度を有するメッシュを前記複数のメッシュから一つ選択し、選択したメッシュの構造に合わせて前記サーフェスデータ用メッシュの前記第1の改良対象頂点の近傍領域のメッシュ構造を改良して中間サーフェスデータを得るステップと、

(c) 前記中間サーフェスデータで規定された中間サーフェスデータ用メッシュと前記複数の3次元データで規定された複数のメッシュそれぞれとを比較して、前記中間サーフェスデータ用メッシュの各頂点を順次第2の改良対象頂点とし、前記複数のメッシュから、第2の改良対象頂点に対して第2の位置条件を満足する対応ポリゴンを有する所定数のメッシュを選択し、前記所定数のメッシュそれぞれの前記対応ポリゴンとの距離が所定の距離条件を満足するように、前記第2の改良対象頂点を移動させることにより、確定サーフェスデータを40 得るステップと、を備える多視点3次元データの合成方法。

【請求項2】 前記第1の位置条件は前記第1の改良対象頂点と前記対応頂点との距離が第1の基準値以内である条件を含み、

前記所定の解像度条件は最も高い解像度を指定する条件を含み、

前記第2の位置条件は前記第2の改良対象頂点と前記対応ポリゴンとの距離が第2の基準値以内である条件を含み、

前記所定の距離条件は、前記所定数のメッシュそれぞれの前記対応ポリゴンとの距離の合計値が最小あるいは一定値以下となる条件を含む、請求項1記載の多視点3次元データの合成方法。

【請求項3】 前記第1の改良対象頂点の近傍領域のメッシュ構造の改良処理は、前記選択したメッシュの解像度が前記サーフェスデータ用メッシュの解像度よりも高い場合、前記改良対象頂点の近傍領域に新たな頂点を生成してポリゴンを分割する処理を含む、請求項1あるいは請求項2記載の多視点3次元データの合成方法。

【請求項4】 前記第1の改良対象頂点の近傍のメッシュ構造の改良処理は、前記選択したメッシュの解像度が前記サーフェスデータ用メッシュの解像度よりも低い場合、前記改良対象頂点の近傍領域にある頂点を削除してポリゴンを統合する処理をさらに含む、請求項3記載の多視点3次元データの合成方法。

【請求項5】 請求項1記載の多視点3次元データの合成方法における前記ステップ(b)、(c)をコンピュータに実行させるためのプログラムが記録されている、コンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は被写体を多方向から計測して得られる多視点3次元データを合成する多視点3次元データの合成方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、多方向から計測した多視点データの合成方法としてポリゴンベース方式と呼ばれる方法と、ボリュームベース方式と呼ばれる方法がある。上記両方式は多視点それぞれから得られるポリゴンメッシュデータと呼ばれる複数のオリジナルデータを合成する方法である。

【0003】上記両方式について説明する前に、ポリゴンメッシュデータについて述べる。3次元形状が測定可能なカメラを用いて各視点から得られたデータは、カメラパラメータにより距離画像に変換される。

【0004】距離画像は、格子上の離散点群で、それぞれの点は3次元座標値のデータを持つ。このようなデータ構造の距離画像に対し、4近傍で隣接する点を辺で結び、視点方向を上向きとする4角あるいは3角ポリゴンを形成して得られるのがポリゴンメッシュデータである。このポリゴンメッシュデータが多視点の各視点毎に得られるため、視点と同じ数のポリゴンメッシュデータが得られることになる。

【0005】以下、ポリゴンベース方式について説明する。この方式は多視点それぞれから得られたポリゴンメッシュデータのうち、2つのポリゴンメッシュデータを順次縫い合わせて1つのポリゴンメッシュデータに合成しながら、すべてのポリゴンメッシュデータを最終的に1つの合成ポリゴンメッシュデータに合成する方式である。

【0006】2つのポリゴンメッシュデータは以下のように合成される。まず、2つのポリゴンメッシュデータそれぞれで規定されるメッシュ同士のポリゴンが重なっている場合は一方のポリゴンを削除する。その後、一方のメッシュを他方のメッシュにクリッピングする。

【0007】図12～図14は、メッシュのクリッピング動作を示す説明図である。同図において、説明の都合上、メッシュ31とメッシュ32とは同一平面にあるとする。以下、図12～図14を参照してメッシュのクリ

常に小さく設定する必要があり、こうした場合は前述したように、合成ポリゴンメッシュデータの冗長性は非常に高くなり、計算量もかなり増えるため、実用不可能となる。

【0023】この発明は上記問題点を解決するためになされたもので、多視点から得られたオリジナルの3次元データの有する精度及び解像度を維持しながら、得られるデータの冗長性を必要以上に高くすることなく、オリジナルの3次元データ自身に生じる誤差に対しても安定した合成ポリゴンメッシュデータを実用レベルの時間内で得ることができる、多視点3次元データの合成方法を

得ることを目的とする。

【0024】
【課題を解決するための手段】この発明に係る請求項記載の多視点3次元データの合成方法は、多視点から被写体を計測して得られる複数の3次元データを1つの3次元データに合成する方法であって、前記複数の3次元データはそれぞれポリゴンメッシュ構造を呈し、(a)ボクセルを用いたボリューム方式でサーフェスを定義することにより、前記複数の3次元データからポリゴンメッシュ構造の一つのサーフェスデータを求めるステップと、(b)前記サーフェスデータで規定されたサーフェスデータ用メッシュと前記複数の3次元データで規定された複数のメッシュそれぞれとを比較して、前記サーフェスデータ用メッシュの各頂点を順次第1の改良対象頂点とし、該第1の改良対象頂点に対して第1の位置条件を満足する対応頂点を有しかつ所定の解像度条件を満足する解像度を有するメッシュを前記複数のメッシュから一つ選択し、選択したメッシュの構造に合わせて前記サーフェスデータ用メッシュの前記第1の改良対象頂点の近傍領域のメッシュ構造を改良して中間サーフェスデータを

得るステップと、(c)前記中間サーフェスデータで規定された中間サーフェスデータ用メッシュと前記複数の3次元データで規定された複数のメッシュそれぞれとを比較して、前記中間サーフェスデータ用メッシュの各頂点を順次第2の改良対象頂点とし、前記複数のメッシュから、第2の改良対象頂点に対して第2の位置条件を満足する対応ポリゴンを有する所定数のメッシュを選択し、前記所定数のメッシュそれぞれの前記対応ポリゴンとの距離が所定の距離条件を満足するように、前記第2の改良対象頂点を移動させることにより、確定サーフェスデータを

得るステップとを備えている。

【0026】請求項3記載の多視点3次元データの合成方法において、前記第1の改良対象頂点の近傍領域のメッシュ構造の改良処理は、前記選択したメッシュの解像度が前記サーフェスデータ用メッシュの解像度よりも高い場合、前記改良対象頂点の近傍領域に新たな頂点を生成してポリゴンを分割する処理を含んでいる。

【0027】請求項4記載の多視点3次元データの合成方法において、前記第1の改良対象頂点の近傍のメッシュ構造の改良処理は、前記選択したメッシュの解像度が前記サーフェスデータ用メッシュの解像度よりも低い場合、前記改良対象頂点の近傍領域にある頂点を削除してポリゴンを統合する処理をさらに含んでいる。

【0028】請求項5記載のコンピュータ読み取り可能な記録媒体は、請求項1記載の多視点3次元データの合成方法における前記ステップ(b)、(c)をコンピュータに実行させるためのプログラムが記録されている。

【0029】

【発明の実施の形態】<<実施の形態>>

<システム構成>図1はこの発明の実施の形態である多視点3次元データの統合方法で用いられる3次元形状計測システムのハードウェア構成の概略を示す説明図である。同図に示すように、被写体1の回りを3次元入力装置2を移動させながら、被写体1に対する多視点からの3次元データを得る。3次元入力装置2はズームレンズを具備しており、このズームレンズを操作することにより、様々な解像度で3次元データを入力することができる。また、被写体1からの3次元入力装置2の距離を変更することによっても、被写体1に対する3次元データの解像度を変更することができる。

【0030】したがって、被写体1の顔等の精細なデータが必要な部分は3次元入力装置2から被写体1までの距離を短く設定したり、ズームレンズを長焦点側に移動することにより高解像度な3次元データを得ることができる。一方、被写体1の背中等のあまり形状の変化が激しくない部分は3次元入力装置2から被写体1までの距離を長く設定したり、ズームレンズを短焦点側に移動することにより低解像度なデータ数の少ない3次元データを得ることができる。

【0031】このように、3次元入力装置2を移動させながら、適宜撮像条件を変更して被写体1の全周のデータを入力する。そして、3次元入力装置2より得られた多視点の3次元データはコンピュータ3に取り込まれ、コンピュータ3上で既存のポリゴンメッシュデータ変換方法によって複数のポリゴンメッシュデータに変換される。

【0032】<方法(多視点3次元データの統合方法)>

>図2はこの発明の実施の形態である多視点3次元デー

タの統合方法を示すフローチャートである。

【0033】同図を参照して、ステップS1で、多視点の3次元データとして複数のポリゴンメッシュデータを入力する。このとき、各ポリゴンメッシュデータは各々の撮像位置での座標系で表現されている。

【0034】次に、ステップS2で、複数のポリゴンメッシュデータ間の位置合わせを行い、複数のポリゴンメッシュデータすべてを一つの座標系のデータに変換する。なお、位置合わせ方法については、回転ステージなどの治具を用いて座標変換のパラメータを求める方法、3次元入力装置に姿勢センサー、位置センサーを取り付けて3次元入力装置の位置、姿勢を獲得して3次元座標系を変換する方法、入力されたポリゴンメッシュデータの整合性から最適な変換パラメータを求める方法等の種々の既存の方法がある。

【0035】続いて、ステップS3において、多視点3次元データの合成方法を実行し、ステップS2で位置合わせ処理が施された複数のポリゴンメッシュデータが一繋がりとのポリゴンメッシュデータとなるように合成して合成ポリゴンメッシュデータを得る。

【0036】最後に、ステップS4において、ステップS3で合成された合成ポリゴンメッシュデータを全周3次元モデルとして出力する。

【0037】＜方法（オリジナルデータの合成方法）＞図3は図2のステップS3の多視点3次元データの合成方法の詳細を示すフローチャートである。なお、ステップS3において、ステップS2で位置合わせ処理が施された複数のポリゴンメッシュデータを多視点3次元データのオリジナルデータとして扱う。

【0038】同図を参照して、ステップS31で、複数のオリジナルデータにおけるポリゴンの頂点間の距離の最大値に基づきボクセルサイズを決定し、決定したボクセルサイズに合わせた単位格子（ボクセル格子）を生成して、ボクセルの集合体を得る。

【0039】次に、ステップS32で、各ボクセルの符号付き距離に基づくポテンシャル値を複数のポリゴンメッシュデータそれぞれに求め、その加算合計値である合成ポテンシャル値を得る。符号付き距離は、従来のボリュームベース方式で図16を示して説明したように、視点23の位置から各ボクセル22（図16では1つのみ示す）の中心を通過する視線25が一つのオリジナルデータで規定されたメッシュ24のポリゴンと交わる点xを計算し、ボクセル22の中心から交点xまでの距離の絶対値dxを求め、視点23から見てボクセル22の手前側を正、奥側をマイナスの符号に設定して得られた距離である。このように得られた符号付きの距離に基づきポテンシャル値を計算する。

【0040】上記ポテンシャル値の計算処理は複数のオリジナルデータすべてに対して行われる。したがって、最大でオリジナルデータと同じ数のポテンシャル値が各

ボクセルで得られ、その加算合計値が各ボクセルの加算ポテンシャル値となる。

【0041】そして、ステップS33で、加算ポテンシャル値が“0”（0近傍値を含む）となるボクセルが、被写体1のサーフェース上にあると定義して、加算ポテンシャル値が“0”の等値面の抽出をマーチンキューブ法によって行い、“0”の等値面で構成されるポリゴンメッシュデータであるサーフェースデータを得る。なお、マーチンキューブ法については例えば[W.Lorensen and H.Cline, 1987] Marching cubes: A high resolution 3D surface construction algorithm. Computer Graphics (SIGGRAPH'92): pp.163-169, July 1987.”に開示されている。

【0042】なお、ステップS31～S33の処理はステップS31におけるボクセルサイズの決定内容を除いて、基本的に既存のボリュームベース方式によるポリゴンメッシュデータの合成方法を用いて実行することができる。

【0043】したがって、複数のオリジナルデータ自身に生じる誤差（例えば、ステップS2の位置合わせ処理時に生じる誤差）に対しても安定したサーフェースデータを得ることができる。

【0044】その後、ステップS34において、ステップS33で得られたサーフェースデータで規定されるサーフェースデータ用メッシュと複数のオリジナルデータ（複数のポリゴンメッシュデータ）それぞれで規定される複数のメッシュとを比較して、サーフェースデータ用メッシュのポリゴンの各頂点に対応する複数のメッシュそれぞれの頂点（対応頂点）を探索して決定する。

【0045】例えば、図4に示すように、サーフェースデータ11A（で規定されるメッシュ）が生成され、2つのオリジナルデータO1、O2（で規定されるメッシュ）が存在するとき、サーフェースデータ11Aの頂点P1は、オリジナルデータO1の頂点P11及びオリジナルデータO2の頂点P21が対応頂点であると決定する。また、サーフェースデータ11Aの頂点P2はオリジナルデータO1の頂点P13及びオリジナルデータO2の頂点P21が対応頂点であると決定する。

【0046】したがって、オリジナルデータO1がサーフェースデータ11Aより隣接する頂点の間隔が密なため、オリジナルデータO1の一部の頂点（例えばP12）はサーフェースデータ11Aのいずれの頂点とも対応せず、オリジナルデータO2がサーフェースデータ11Aより隣接する頂点の間隔が疎なため、オリジナルデータO2の一部の頂点（例えばP21）はサーフェースデータ11Aの複数の頂点と対応する（例えば、P21とP1、P2）。

【0047】なお、図4及び後に示す図5、図8ないし図11は、便宜上、各ポリゴンメッシュデータ（で規定されるメッシュ）を面（ポリゴン）に垂直な方向から見

10

20

30

40

50

た2次元で示している関係で線状となっている。

【0048】続いて、ステップS35で、サーフェースデータの各頂点を順次第1の改良対象頂点とし、該第1の改良対象頂点に対応する複数のオリジナルデータそれぞれの対応頂点のうち、第1の改良対象頂点との頂点間距離が第1の基準値以内という第1の位置条件を満足する対応頂点の中で、解像度が最も高い（隣接する頂点間距離の平均が最も短いものに相当）という解像度条件をさらに満足するオリジナルデータの対応頂点を選択対応頂点として選択し、選択対応頂点を有するオリジナルデータ（で規定されるメッシュ）の解像度に適合するように、第1の改良対象頂点を含むポリゴンを分割あるいは統合して改良する。このポリゴンの分割／統合処理をサーフェースデータの全頂点を第1の改良対象頂点をして実行することにより、最終的に中間サーフェースデータ11Bを得る。

【0049】すなわち、選択頂点を有するオリジナルデータの解像度がサーフェースデータ（で規定されるメッシュ）の解像度より高い場合は、第1の改良対象頂点から最も距離の長い辺の間に新たに分割頂点を1つ生成してポリゴンの分割を行う。

【0050】一方、選択頂点を有するオリジナルデータの解像度がサーフェースデータの解像度より低い場合は、第1の改良対象頂点から最も距離の短い辺を隔てて隣接する頂点を削除してポリゴンの統合を行う。

【0051】以上の分割／統合処理を選択頂点を有するオリジナルデータとの解像度の差が所定の範囲内に収まるまで続ける。

【0052】図5はサーフェースデータのポリゴン分割例を示す説明図である。同図に示すように、サーフェースデータ11Aの頂点P1の選択頂点はオリジナルデータO1の頂点P11である場合、オリジナルデータO1の解像度の方がサーフェースデータ11Aの解像度より高いため、サーフェースデータ11Aの頂点P1から最も距離の長い辺が頂点P1、P2間の辺13（便宜上、辺13の距離が最も長いとする）上に頂点P4を分割頂点12として生成する。

【0053】そして、頂点P4を頂点とする新たなポリゴンを生成してポリゴンの分割が行われる。例えば、頂点P4が生成される前のサーフェースデータ11Aが図6のようなポリゴンPG1、PG2からなるポリゴンメッシュ構造の場合、分割頂点12である頂点P4の生成により、図7に示すように、ポリゴンPG1がポリゴンPG11、PG12に分割され、ポリゴンPG2がポリゴンPG21、PG22に分割される。

【0054】このように、選択対応頂点を有するオリジナルデータで規定されたメッシュの解像度がサーフェースデータ用メッシュの解像度よりも高い場合、第1の改良対象頂点の近傍領域に新たな頂点を生成してポリゴンを分割する処理を行うため、解像度が低いサーフェース

データを、選択対応頂点を有するオリジナルデータの解像度に近づけることにより改良することができる。

【0055】一方、統合処理は分割処理と全く逆の処理となり、例えば、図7で示すような4つのポリゴンが図6に示すような2つのポリゴンに統合される。

【0056】このように、選択対応頂点を有するオリジナルデータで規定されたメッシュの解像度がサーフェースデータ用メッシュの解像度よりも低い場合、第1の改良対象頂点の近傍領域にある頂点を削除してポリゴンを統合する処理を行うため、解像度が必要以上に高く冗長性が高いサーフェースデータを、選択したオリジナルのメッシュが有する適度な解像度に近づけることにより改良することができる。

【0057】同様なポリゴンの分割／統合処理がサーフェースデータ11Aの各頂点を第1の改良対象頂点として行われた結果、例えば、図5に示すように、必要個所に分割頂点12が生成された中間サーフェースデータ11Bを得ることができる。

【0058】上記したステップS34、S35の処理を実行することにより下記の効果を奏する。

【0059】第1の改良対象頂点に対する距離が第1の基準値以内であるという位置条件を満足する対応頂点のみを選択対象とすることにより、第1の改良対象頂点との距離が必要以上に離れて信頼性の乏しい対応頂点を有するオリジナルデータを選択対象から除去することができる。

【0060】選択対象となったオリジナルデータのメッシュの中から、解像度が最も高いメッシュを一つ選択選択したメッシュの構造に合わせてサーフェースデータ用メッシュの第1の改良対象頂点の近傍領域のメッシュ構造を改良するため、ステップS31～S33で得られたサーフェースデータの解像度に関係なく、オリジナルデータの解像度と同程度の中間サーフェースデータを得ることができる。

【0061】したがって、ステップS31でボクセルサイズを必要以上に小さくすることなく、オリジナルデータの解像度を維持した中間サーフェースデータを得ることができ、その結果、ボクセルサイズを小さくしてサーフェースデータの冗長性を必要以上に高くする必要がなくなるため、ステップS31～S33の処理に要する時間も実用レベルに抑えることができる。

【0062】その後、ステップS36において、ステップS35で得られた中間サーフェースデータで規定される中間サーフェースデータ用メッシュと複数のオリジナルデータそれぞれで規定される複数のメッシュとを比較して、中間サーフェースデータ用メッシュのポリゴンの各頂点に対し、複数のオリジナルデータそれぞれで頂点、ポリゴン間距離が最短となるポリゴンを探し対応ポリゴンとして決定する。

【0063】以下、ステップS36の処理内容について

10

20

30

40

50

詳述する。まず、中間サーフェースデータ上の各頂点を順次第2の改良対象頂点とし、第2の改良対象頂点に対して最も近いオリジナルデータ上の対応頂点を探索する。

【0064】次に、対応頂点を含むすべてのポリゴンに対して第2の改良対象頂点から垂線をおろす。この垂線との交点がポリゴン内に存在する時、この交点と第2の改良対象頂点との距離を頂点、ポリゴン間距離として認識する。

【0065】そして、認識した頂点、ポリゴン間距離のうち、最短距離の頂点、ポリゴン間距離を有するポリゴンを対応ポリゴンとする。

【0066】例えば、図8に示すように、中間サーフェースデータMSD上の頂点MP1を第2の改良対象頂点としたとき、オリジナルデータOD上の頂点OP1が対応頂点となる。そして、頂点MP1からおろした垂線との交点OXがポリゴンOPL1（対応頂点OP1を含むポリゴン（2次元で図示しているため便宜上、辺をポリゴンとみなす））上に存在するため、交点OX、頂点MP1間の距離R1が頂点、ポリゴン間距離として認識される。この距離R1が最小値であれば、ポリゴンOPL1は対応ポリゴンとなる。

【0067】また、上記対応頂点を含むすべてのポリゴンのうち、第2の改良対象頂点からおろした垂線との間に交点を有するポリゴンが全く存在しないときは、例外処置として、上記対応頂点を対応ポリゴンとみなし、上記対応頂点と第2の改良対象頂点との距離を頂点、ポリゴン間距離とする。

【0068】例えば、図9に示すように、中間サーフェースデータMSD上の頂点MP1を第2の改良対象頂点としたとき、オリジナルデータOD上の頂点OP2が対応頂点となるが、頂点MP1からおろした垂線との交点を有するポリゴンが全く存在しないため、上記例外処置によって、頂点OP2が対応ポリゴンとみなされ、頂点OP2、頂点MP1間の距離R2が頂点、ポリゴン間距離となる。

【0069】さらに例を挙げて説明する。図10に示すように、中間サーフェースデータ11Bが生成され、2つのオリジナルデータO11、O12が存在するとき、中間サーフェースデータ11Bの頂点P5は、オリジナルデータO11の頂点P31及びオリジナルデータO12のポリゴンPG41を対応ポリゴンとして決定する。また、中間サーフェースデータ11Bの頂点P4はオリジナルデータO11のポリゴンPG32及びオリジナルデータO12のポリゴンPG41を対応ポリゴンとして決定する。

【0070】最後にステップS37で、中間サーフェースデータの各頂点を順次第2の改良対象頂点とし、該第2の改良対象頂点に対応する複数のオリジナルデータそれぞれの対応ポリゴンのうち、頂点、ポリゴン間距離が

第2の基準値以下という第2の位置条件を満足するポリゴンを選択し、選択したすべての対応ポリゴンの頂点、ポリゴン間距離の和が最小値あるいは一定値以下になるという距離条件を満足するように、第2の改良対象頂点の位置を移動する。この移動処理を中間サーフェースデータの全頂点を第2の改良対象頂点として実行することにより、最終的に確定サーフェースデータ11Cを得る。この移動によって、オリジナルデータを合成してサーフェースデータを生成する際に発生した誤差を最小にすることができる。

【0071】例えば、図11に示すように、中間サーフェースデータ11BがオリジナルデータO12に片寄って生成された場合でも、ステップS37の移動処理によって、オリジナルデータO11への片寄りが改善された確定サーフェースデータ11Cを得ることができる。

【0072】上記したステップS36、S37の処理によって下記の効果を奏する。オリジナルデータで規定される複数のメッシュから、第2の改良対象頂点に対して第2の基準位置以内の頂点、ポリゴン間距離で対応する対応ポリゴンを有する所定数のメッシュを選択するため、第2の改良対象頂点との距離が必要以上に離れて信頼性の乏しい対応ポリゴンを有するオリジナルデータを

選択対象から除去することができる。

【0073】そして、選択した所定数のメッシュそれぞれの対応ポリゴンとの距離が最小あるいは一定値以下の距離条件を満足するように、第2の改良対象頂点の移動させることにより、確定サーフェースデータを得ている。

【0074】したがって、オリジナルデータによって中間サーフェースデータが補正されるため、中間サーフェースデータの精度が多少劣化していても、オリジナルデータの精度を反映した、精度の高い確定サーフェースデータを得ることができる。

【0075】以上の結果、ステップS3で実行される多視点3次元データの合成方法は、多視点から得られたオリジナルデータの有する精度及び解像度を維持しながら、ステップS31～S33で得られるサーフェースデータの冗長性を必要以上に高くすることなく、オリジナルデータ自身に生じる誤差に対しても安定した確定サーフェースデータを実用レベルの時間内で得ることができるという効果を奏する。

【0076】＜記録媒体への適応＞図2で示した多視点3次元データの統合方法はコンピュータ3（図1参照）が読みとり可能なプログラムとしてフレキシブルディスク、CD-ROM等の外部記録媒体に記録させることができる。さらに、3次元入力装置2より得られたデータをポリゴンメッシュデータに変換する方法を含めて外部記録媒体に記録させることもできる。

【0077】また、図2で示した多視点3次元データの統合方法のステップS3の処理である図3で示した多視

点3次元データの合成方法のみをコンピュータが読みとり可能なプログラムとして外部記録媒体に記録させることもできる。この場合、他のプログラム(ステップS1, S2, S4の処理プログラム)はコンピュータのROMあるいはハードディスク内に予め書き込んでおき、さらに外部記録媒体それぞれからプログラムをロードしてステップS3の処理を実行する等の方法が考えられる。

【0078】さらには、本実施の形態の特徴部であるステップS34~S37の処理のみを外部記録媒体に記録させてもよい。この場合、他のプログラム(ステップS1, S2, S31~S33及びS4の処理プログラム)は前述したようにコンピュータのROMあるいはハードディスク内に予め書き込んでおき、さらに外部記録媒体それぞれからプログラムをロードして実行する等の方法が考えられる。

【0079】

【発明の効果】以上説明したように、この発明における請求項1記載の多視点3次元データの合成方法はステップ(a)で、ボクセルを用いた既存のボリューム方式でサーフェースデータを得ているため、オリジナルの複数の3次元データ自身に生じる誤差に対しても安定したサーフェースデータを得ることができる。

【0080】加えて、ステップ(b)で、第1の改良対象頂点に対して第1の位置条件を満足する対応頂点を有しかつ所定の解像度条件を満足する解像度を有するメッシュを複数のメッシュから一つ選択し、選択したメッシュの構造に合わせてサーフェースデータ用メッシュの第1の改良対象頂点の近傍領域のメッシュ構造を改良するため、ステップ(a)で得られたサーフェースデータの解像度に関係なく、オリジナルデータである所定の解像度条件を満足する3次元データの解像度に適合した中間サーフェースデータを得ることができる。

【0081】したがって、ボクセルサイズを必要以上に小さくすることなく、オリジナルデータの解像度を維持した中間サーフェースデータを得ることができ、その結果、ボクセルサイズを小さくしてサーフェースデータの冗長性を必要以上に高くする必要がなくなるため、ステップ(a)に要する時間も実用レベルに抑えることができる。

【0082】また、ステップ(c)で、複数のメッシュから、第2の改良対象頂点に対して第2の位置条件を満足する対応ポリゴンに有する所定数のメッシュを選択し、所定数のメッシュそれぞれの対応ポリゴンとの距離が所定の距離条件を満足するように、第2の改良対象頂点の移動させることにより、確定サーフェースデータを得ている。

【0083】したがって、オリジナルデータである複数の3次元データによって中間サーフェースデータが補正されるため、中間サーフェースデータの精度が多少劣化

していても、オリジナルデータの精度を反映した、精度の高い確定サーフェースデータを得ることができる。

【0084】以上の結果、請求項1記載の多視点3次元データの合成方法は、多視点から得られたオリジナルの3次元データの有する精度及び解像度を維持しながら、ステップ(a)で得られるサーフェースデータの冗長性を必要以上に高くすることなく、オリジナルの3次元データ自身に生じる誤差に対しても安定したポリゴンメッシュデータである確定サーフェースデータを実用レベルの時間内で得ることができるという効果を奏する。

【0085】この発明における請求項2記載の多視点3次元データの合成方法において、第1の位置条件は第1の改良対象頂点と対応頂点との距離が第1の基準値以内である条件を含んでいるため、第1の改良対象頂点と必要以上に離れた距離にあり信頼性の乏しい対応頂点を有する3次元データを選択対象から除去することができる。

【0086】また、所定の解像度条件は最も高い解像度を指定する条件を含むため、第1の位置条件を満足する対応頂点を有する3次元データのうち、最も高い解像度の3次元データが選ばれることにより、中間サーフェースデータの解像度はオリジナルデータの解像度と同程度の解像度を維持することができる。

【0087】さらに、第2の位置条件は第2の改良対象頂点と対応ポリゴンとの距離が第2の基準値以内である条件を含むため、第2の改良対象頂点と必要以上に離れた距離にあり信頼性の乏しい対応ポリゴンを有する3次元データを選択対象から除去することができる。

【0088】また、所定の距離条件は、所定数のメッシュそれぞれの対応ポリゴンとの距離の合計値が最小あるいは一定値以下となる条件を含むため、最もオリジナルの3次元データの形状を反映した精度の高い確定サーフェースデータを得ることができる。

【0089】請求項3記載の多視点3次元データの合成方法における第1の改良対象頂点の近傍領域のメッシュ構造の改良処理は、選択したメッシュの解像度がサーフェースデータ用メッシュの解像度よりも高い場合、第1の改良対象頂点の近傍領域に新たな頂点を生成してポリゴンを分割する処理を含んでいるため、上記ポリゴンを分割する処理によって解像度が低いサーフェースデータを、選択したオリジナルのメッシュの解像度に近づけることにより改良することができる。

【0090】請求項4記載の多視点3次元データの合成方法における第1の改良対象頂点の近傍のメッシュ構造の改良処理は、選択したメッシュの解像度がサーフェースデータ用メッシュの解像度よりも低い場合、第1の改良対象頂点の近傍領域にある頂点を削除してポリゴンを統合する処理を含んでいるため、上記ポリゴンを統合する処理によって解像度が必要以上に高く冗長性が高いサーフェースデータを、選択したオリジナルのメッシュが

有する適度な解像度に近づけることにより改良することができる。

【0091】この発明における請求項5記載の記録媒体は、請求項1記載の多視点3次元データの合成方法のステップ(b)、(c)をコンピュータに実行させるためのプログラムが記録されている。

【0092】したがって、ステップ(b)を実行させることにより、ボクセルサイズを必要以上に小さくすることなく、オリジナルデータの解像度を維持した中間サーフェースデータを得ることができ、計算に要する時間も 10 実用レベルに抑えることができる。

【0093】さらに、ステップ(c)を実行させることにより、オリジナルデータである複数の3次元データによって中間サーフェースデータが補正されるため、中間サーフェースデータの精度が多少劣化していても、オリジナルデータの精度を維持した、精度の高い確定サーフェースデータを得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の実施の形態で用いられるシステムのハードウェア構成の概略を示す説明図である。

【図2】 この発明の実施の形態である多視点3次元データの統合方法の処理手順を示すフローチャートである。

【図3】 図2で示した複数のポリゴンメッシュデータの合成方法の処理手順の詳細を示すフローチャートである。

【図4】 図3で示した対応頂点の探索処理例を示す説*

* 明図である。

【図5】 図3で示したポリゴンの分割処理例を示す説明図である。

【図6】 図3で示したポリゴンの分割処理例を示す説明図である。

【図7】 図3で示したポリゴンの分割処理例を示す説明図である。

【図8】 図3で示した対応ポリゴンの探索処理例を示す説明図である。

【図9】 図3で示した対応ポリゴンの探索処理例を示す説明図である。

【図10】 図3で示した対応ポリゴンの探索処理例を示す説明図である。

【図11】 図3で示した中間サーフェースデータの頂点の移動処理例を示す説明図である。

【図12】 メッシュのクリッピング動作を示す説明図である。

【図13】 メッシュのクリッピング動作を示す説明図である。

20 【図14】 メッシュのクリッピング動作を示す説明図である。

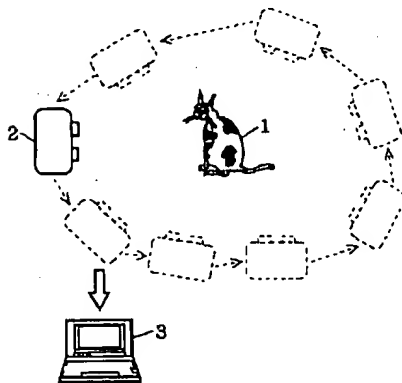
【図15】 ボクセル構造を示す説明図である。

【図16】 ボリュームベース方式における符号付き距離例を示す説明図である。

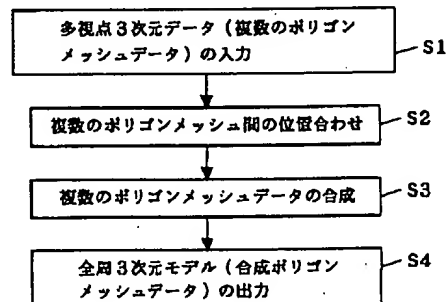
【符号の説明】

1 被写体、2 3次元入力装置、3 コンピュータ

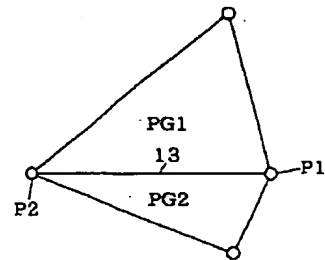
【図1】



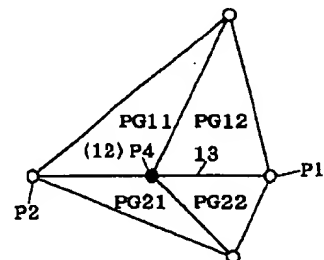
【図2】



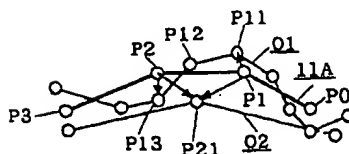
【図6】



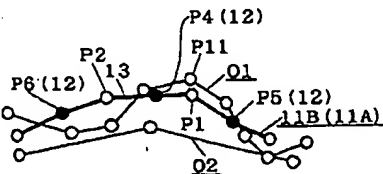
【図7】

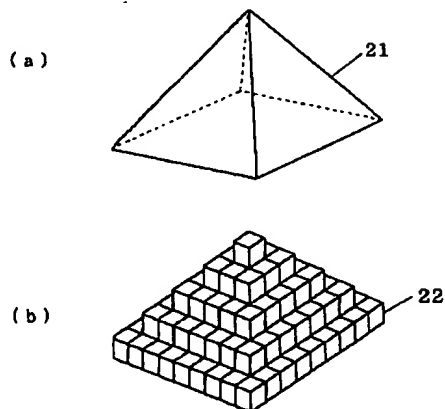
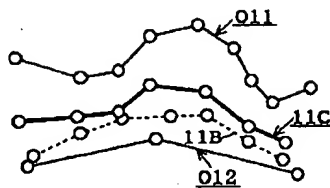
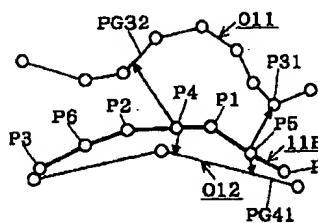
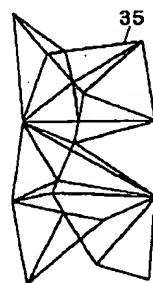
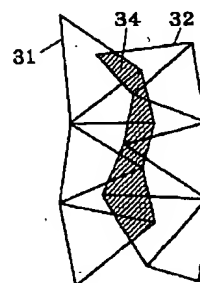
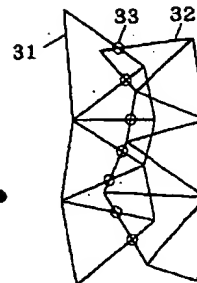
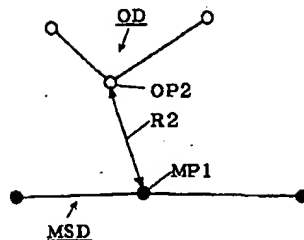
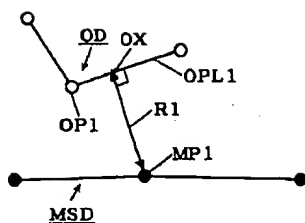
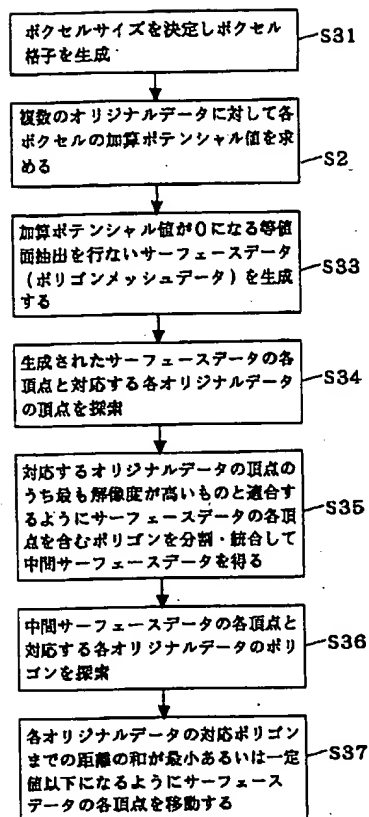


【図4】

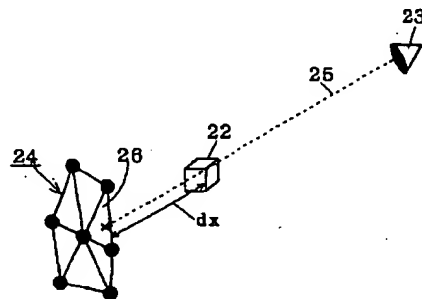


【図5】





【図16】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2F065 AA04 AA53 BB05 DD06 FF01
FF05 FF65 FF67 JJ03 JJ19
JJ26 MM06 QQ27 QQ31
5B050 BA04 BA09 EA07 EA19 EA28
5B057 CA13 CB13 CE08 DA07 DB03
DC03
5B080 AA13 AA17 AA19 BA03